

Neurobiologinen naturalismi:

Miten tietoisuus syntyy materiasta

Sampo Tanskanen 2554075

Luk- tutkielma

Biologian tutkinto-ohjelma – Genetiikka

Oulun yliopisto

Heinäkuu 2020

Sisällysluettelo

Johdanto	1
1 Tietoisuus.....	2
1.1 Neuroontologisesti redusoimattomat ominaisuudet NOI (Neuroontologically irreducible)	3
1.1.1 Hermostotilan heijastus.....	4
1.1.2 Mielensisäinen yhtenäisyys	4
1.1.3 Kvalia	4
1.1.4 Mielensisäinen kausaatio	5
1.2 Tietoisuuden ”kova ongelma”	5
2 Neurobiologinen naturalismi	6
2.1 Biologinen naturalismi	6
2.2 Aivojen yleiset biologiset ominaisuudet	6
2.2.1 Eloton materiaali ja elämä	7
2.2.2 Alemmat neurohierarkkiset tasot	7
2.2.3. Korkeampi neurohierarkkinen organisaatio	8
3 NOI-ominaisuudet neurobiologisessa naturalismissa	9
3.1 Hermostotilan heijastus	9
3.2. Mielensisäinen yhtenäisyys	10
3.3 Kvalia	10
3.4 Mielensisäinen kausaatio	12
4 Yhteenveto	12
5 Lähteet	14

Johdanto

Tietoisuuden tutkimusta ei ole tehty ennen 2000-lukua muulla tavoilla kuin filosofisessa mielessä, koska tietoisuutta ei ole pidetty mahdollisena selittää empiirisillä menetelmillä. Tieteellisessä keskustelussa on ajateltu, että tieteen keinot eivät riitä selittämään tietoisuuden subjektiivista luontoa (Searle, 2000). Tutkimusmetodien ja -tekniikan kehittyessä myös tietoisuuden tutkiminen on kehittynyt ja sitä on voitu lähestyä paremmin tieteellisestä perspektiivistä. Esimerkiksi PET:n (positron emission tomography) avulla sokerin kulutusta voidaan seurata aivojen eri alueilla, josta selviää aivojen aktiivisuus. Anestesia- ja lääkkeiden, kuten deksametomidinin ja propofolin avulla voidaan säädellä ihmisen tietoisuuden tilaa ja PET:illä saadaan mitattua aivoalueiden aktiivisuutta (Långsjö et al., 2012). Kehittyneestä tekniikasta ja metodeista huolimatta tiedeyhteisössä ei ole konsensusta tietoisuuden olemuksesta, puhumattakaan siihen liittyvästä termistöstä. Onko tietoisuus selitettävissä olemassa olevalla tiedolla vai tarvitaanko sen selittämiseen lisäksi jotain muuta?

Kandidaatin tutkielmassa aikomukseni on tarkastella tietoisuuden syntymistä materiasta luonnontieteellisestä perspektiivistä. Yksinkertaisin tietoisuuden muoto ja sen tuottamiseen tarvittavat aivot ovat tarkastelun kohteena, kun selvitetään tietoisuuden syntymistä materiasta. Biologian opiskelijana tietoisuuteen liittyvä filosofinen keskustelu ei riittänyt, vaan halusin selvittää, minkälaisilla luonnontieteellisillä tavoilla tietoisuutta on selitetty. Kirjallisuutta läpikäydessäni pyrin välttelemään dualismin kaltaisia metafysiikkaan perustuvia teorioita. Dualismi on teoria, jonka avulla on selitetty tietoisuuden olemassaoloa yhdistämällä aivojen fyysinen olemus sen tuottamaan tietoisuuteen, väittämällä tietoisuudella olevan ei-fyysinen eli metafyyminen olemus (Faye, 2019; Smythies, 2010). Koska tieteellisillä menetelmillä ei voida todistaa metafysiikkaa todeksi tai ei-todeksi, dualismin sijaan olen valinnut lähestymistavan, jolla voidaan tarkastella tietoisuutta tämänhetkisin metodeilla ja tiedolla.

Valitsemani teoria on Feinbergin ja Mallatin neurobiologinen naturalismi, joka antaa selityksen tietoisuuden ”kovalle ongelmalle” eli sille, kuinka tietoisuus syntyy materiasta, sekä miksi tietoisuus on vaikea palauttaa pienempiin osiin, käyttämättä metafyysejä selityksiä (Feinberg, 2012; Feinberg & Mallatt, 2013). Teorian mukaan yksinkertaisin tietoisuuden muoto, sensorinen tietoisuus, syntyy hermoston monimutkaisen hierarkkisen järjestyksen

ansioista biologisten ominaisuuksien päälle. Esittelenkin aluksi tietoisuutta määritellessäni sensorisen tietoisuuden sisältämät neuroontologisesti redusoimattomat tietoisuuden piirteet: hermostotilan heijastus, mielen yhtenäisyys, kvalia sekä mielen kausaatio. Seuraavaksi tuon esille tietoisuuden subjektiivisen luonteen, joka johtaa sen kovan ongelman syntymiseen (Feinberg, 2012). Tämän jälkeen avaan Feinbergin ja Mallatin neurobiologisen naturalismin teorian, joka alkaa tietoisuuden ja elämän ominaisuuksien yhtäläisyyksillä, monimutkaisesta hierarkiasta syntyvistä uusista ominaisuuksista eli emergenssistä. Lopussa otan neuro-ontologisesti palauttamattomien piirteiden tarkastelun osaksi niiden neurokorrelaattien kehityksen selkärankaisten evoluutiossa (Feinberg & Mallatt, 2013).

1 Tietoisuus

Tietoisuus on vaikeasti määriteltävä, koska siihen kuuluu useita erilaisia piirteitä, joiden syntyprosesseja ei tunneta. Pohjimmiltaan tietoisuudessa on kyse olemassa olemisen kokemuksesta. Filosofin Thomas Nagelin tunnetun artikkelin "What is it like to be a bat?" otsikossa on kysymys lepakon tietoisuudesta, "Minkälainen on lepakon tietoisuus?". Tietoisuus on aina olemassa, kun on kokemus siitä, millaista on olla jokin organismi (Nagel, 1974). Tietoisuuden havainnollistavampaa selvitystä varten voidaan käyttää Searlen määrittelyä: Tietoisuus on sisäinen, kvalitatiivinen ja subjektiivinen mielentila sekä tuntevan tai havaitsevan organismin prosessi. Tietoisuuden prosessin voidaan katsoa olevan käynnissä, kun organismi on hereillä tai näkee unia. Tietoisuutta ei voida havaita organismilta, kun se kuolee tai joutuu koomaan (Searle, 2000).

Aivot ovat kehittyneet havaitsemaan ympäristöstä organismille oleellisen informaation sekä tuottamaan sen mukaan organismille optimaalisinta käyttäytymistä selviytymisen kannalta niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä. Tämä kiteytyy aivojen tuottamassa sensorisessa tietoisuudessa, joka on tietoisuuden tarkastelussa käytetyllä tasojärjestelmällä yksinkertaisin tietoisuuden muoto (Morin, 2006; Smythies, 2010).

Organismien tietoisuutta yksinkertaisemmasta muodosta monimutkaisempaan-, on kauan tarkasteltu tasojärjestelmä-asteikoilla. Tietoisuuden tasojärjestelmät auttavat jäsentämään tietoisuuden moninaisia ominaisuuksia järjestykseen tietoisesta kokemuksesta monimutkaisuuden mukaan. Näiden tasojen määrät ja nimeämiskäytännöt vaihtelevat tutkijoittain ja asteikoittain. Tasojärjestelmien nimityksiä voidaan käyttää kuvastamaan

hienoisia eroja erilaisten tietoisuuksien tai tietoisuuksien piirteiden välillä (Morin, 2006). Pääsääntöisesti tasoteorian tasoja on kuitenkin kolme ja kutsun niitä sensoriseksi tietoisuudeksi, itsetietoisuudeksi ja meta-itsetietoisuudeksi (Barron & Klein, 2016; Feinberg & Mallatt, 2013). Yksinkertaisimman tason, sensori tietoisuuden, omaava organismi on hereillä, kokee ajatuksia ja aistihavaintoja ympäristöstä sekä kehon tiloista, prosessoi niitä ja reagoi niihin. Organismi ei ole tietoinen kokemistaan havainnoista ja tuntemuksista vaan sillä on täysi immersio olemisensa kokemisesta. Ihmisen tietoisuuden kokemuksessa, suurin osa vietetystä ajasta on kuvatus kaltaista kokemista, ajattelemista, kävelemistä ja puhumista, sen suuremmin ajattelematta mitä tekee juuri sillä hetkellä (Morin, 2006). Monimutkaisempaa toisen tason tietoisuutta, itsetietoisuuden taso, edellyttää organismin kykyä tulla itse oman huomionsa kohteeksi, jolloin puhekykyinen olento voisi ajatella ”Olen hyvän näköinen” tai ”Minulla on nälkä”. Organismi siis kykenee havaitsemaan sekä kuvailemaan kokemuksiaan. Vielä monimutkaisemman kolmannen tason meta-itsetietoisuuden omaava organismi, kykenee tarkastelemaan itseään tekemässä havaintoja omista kokemuksistaan. Tällainen organismi, kuten ihminen, voisi ajatella: ”Olen tietoinen siitä, että minulla on nälkä” (Morin, 2006).

1.1 Neuroontologisesti redusoimattomat ominaisuudet NOI (Neuroontologically irreducible)

Feinbergin mukaan sensorinen tietoisuus pitää sisällään neljä olemukseltaan subjektiivista tietoisuuden piirrettä: hermostotilan heijastus (the referral of neural states), mielensisäinen yhtenäisyys (mental unity), kvalia (qualia) ja mielensisäinen kausaatio (mental causation). Nämä piirteet itsessään vaikuttavat siltä, ettei niitä voitaisi redusoida subjektiivisuudesta pienempiin objektiivisesti havaittaviin osiin, eli neuroneihin. Tietoisuudella voidaan ajatella olevan muitakin subjektiivisia piirteitä, mutta Feinberg ei pidä niitä oleellisina sillä nykyisen tietämyksen valossa ne ovat redusoitavissa pienempiin osiin (Feinberg, 2012).

Searlen mukaan (Searle, 1992) tieteellinen redusoiminen toimii seuraavasti: Kun A ominaisuudet redusoidaan, huomataan, että jäljellä on B ominaisuuksia ja niiden vuorovaikutuksista rakentuva kokonaisuus. Jos on mahdollista löytää edellä mainitun kaltainen yhteys, A ominaisuuksien selittämiseksi ei tarvita muita ominaisuuksia kuin B ominaisuudet. Esimerkiksi ruuansulatusjärjestelmä redusoidessa huomataan, sen koostuvan muiden muassa mahalaukusta, haimasta ja suolistosta sekä niiden välisistä vuorovaikutuksista entsyymaattisesta hajotuksesta, erityksestä ja suoliston liikkeistä. Samalla

tavalla tietoisuuden NOI-ominaisuudet ovat neuronien yhteistyöstä syntyviä prosesseja, joista muodostuu sensorinen tietoisuus, eikä mukaan tarvita esimerkiksi metafyyysisiä ominaisuuksia (Feinberg & Mallatt, 2016).

1.1.1 Hermostotilan heijastus

Yksi tietoisuuden keskeisistä piirteistä on hermostotilan heijastus tietoisuuteen. Hermostotila on ympäristöstä ja kehosta syntyvä neuronien prosessi, joka välittää informaatiota ulkoisesta ympäristöstä sekä kehosta tietoisuuteen. Ulkoisen ympäristön ominaisuuksia aistitaan tehtävään erikoistuneilla aistinelimillä, kuten esimerkiksi silmillä ja korvilla. Ominaisuudet heijastuvat aistinsolujen ja kokemukseen liittyvien neuronien kautta tietoisuuden kokemukseen. Aistielimet ovat ikään kuin työkaluja, joilla kerätään tietoa ympäristöstä, jotka välitetään organismille kokemuksina ympäristöstä (Feinberg, 2012).

Kehon sisäisiin tunteisiin kuuluvat muiden muassa kipu ja kutina, jotka ovat kuitenkin keskushermoston ulkopuolella. Tietoinen kokemus näistäkin tuotetaan kuitenkin vasta aivoissa. Nämä kokemukset on heijastettu kehoa aistivien reseptorien kautta ominaisuuksista, joita kehosta aistitaan (Feinberg, 2012).

1.1.2 Mielensisäinen yhtenäisyys

Mielensisäinen yhtenäisyys on tietoisuuden ominaisuus, jossa toisistaan irrallisilta näyttävät prosessit luovat yhden eheän kokemuksen. Esimerkiksi silmästä alkavassa näköaistimuksessa verkkokalvon monilla valoreseptoreilla on omat pienet havaintokentät, jotka havaitsevat valon osumisen verkkokalvolle oman havaintokentän alueella. Tästä, monista pienistä reseptoreista koostuvasta verkostosta, muodostuu aivoissa yhtenäisiä kokemuksia asioista ja esineistä. Kukin aistikokonaisuus on osallisena saumattoman ja kokonaisen tietoisuuden kokemuksen luomisessa (Feinberg, 2000; Feinberg, 2012).

1.1.3 Kvalia

Kvalia tarkoittaa tietoisuuteen tullutta kokemusta ja sen laatua. Kuinka kvalia syntyy, on keskeinen ongelma tietoisuuden tutkimuksessa. Miksi hermostolliset tilat, kuten punainen väri ja kipu, koetaan punaisena värinä ja kivun kokemuksena? Neuronit eivät itsessään ole ominaisuuksiltaan punaisia tai kipeitä, mutta silti ne tuottavat subjektiivisen kokemuksen kuten punainen tai kipu (Feinberg, 2012).

1.1.4 Mielensisäinen kausaatio

Mielensisäinen kausaatio on subjektiivisen ilmiön, tietoisuuden, kyky vaikuttaa sen fyysisiin, objektiivisiin osiin. Siihen, kuinka tietoisuus, jota ei voida tarkastella tai mitata, voi vaikuttaa johonkin joka on mitattavissa ja tarkasteltavissa, kuten neuroneihin (Feinberg, 2012). Esimerkkinä voidaan ajatella ihmisyksilöä, joka istuu ruokapöydässä aikeissaan ruokailla ja sitä, kuinka hän ”ajatuksen voimalla” ottaa käsiinsä haarukan ja veitsen, leikkaa ruokaa ja vie ruuan avaamaansa suuhun.

1.2 Tietoisuuden ”kova ongelma”

Niin kutsuttu tietoisuuden kova ongelma on kyvyttömyys selittää subjektiivisten kokemusten, kuten kivun ja punaisen värin aistimusten syntymisen materiaalin eli neuronien avulla. Edellä läpi käydyistä tietoisuuden NOI-ominaisuuksista syntyy tietoisuuden kova ongelma, koska niitä ei pystytä redusimaan neuroneihin. Auto-ontologinen- ja allo-ontologinen redusoimattomuus ovat neurobiologisessa naturalismissa selitys sille, miksi tietoisuutta sekä siihen liittyviä NOI-ominaisuuksia ei voida redusoida alempiin osiin.

Auto-ontologinen redusoimattomuus tarkoittaa tietoisesta kokemuksen kyvyttömyyttä tarkastella omia neuroneitaan tuottamassa omaa tietoisuuden kokemusta. Tietoisuus itsessään on subjektiivinen kokemus, joka syntyy ympäristöstä kerätystä informaatiosta. Informaatio on kuljetettu ympäristöstä reseptorien ja neuronien toimesta aivoihin, jossa neuronien yhteisvaikutuksesta syntyy tietoisuus. Syntynyt tietoisuus ei kykene tarkkailemaan sitä synnyttävää kokemusta, sillä informaatiota ei kerätä sitä muodostavista neuroneista. Tästä syystä subjektiivinen kokemus on irrallinen itsensä objektiivisesta tarkkailusta (Feinberg, 2012).

Allo-ontologinen redusoimattomuus on vastaavasti tietoisuuden kokemuksen ulkopuolisen tarkkailijan kyvyttömyys kokea tarkkailtavan tietoisuutta. Ulkopuolinen tarkkailija kykenee tarkastelemaan tietoisuutta tuottavien neuronien toimintaa, mutta tarkkailija ei pysty kokemaan tarkkailtavan tietoisuutta. Ulkopuoliselta tarkkailijalta puuttuu tarkkailtavan subjektiivinen tietoisuuden kokemus, vaikka tarkkailijalla onkin mahdollisuus neuronien objektiiviseen havainnoimiseen (Feinberg, 2012).

2 Neurobiologinen naturalismi

2.1 Biologinen naturalismi

Feinbergin ja Mallatin neurobiologinen naturalismi pohjautuu Searlen kehittämän biologisen naturalismin teorian päälle, joka selittää mielen ja kehon välisiä ongelmia. Biologisen naturalismin mukaan mielen ilmiöt ovat aivojen ominaisuuksia, jotka syntyvät niiden neurofysiologisista prosesseista. Mielen ilmiöt ovat prosesseina ja ilmiöinä biologisessa historiassa samanlaisia kuten ruuansulatus, mitoosi ja entsyymien erityys (Searle, John R., 1992). Searlen mukaan tietoisuus on ilmiönä illusion sijaan todellinen ja sillä on subjektiivinen olemus, jota ei voitaisi redusoida osiin. Jos tietoisuus redusoidaan tai yritetään muuttaa esimerkiksi kolmannen osapuolen objektiiviseksi perspektiiviksi, katoaa myös subjektiivinen kokemus (Searle, John R., 1992). Searlen teoria ei kuitenkaan pysty selittämään kuinka objektiivisista hermostollisista prosesseista voi syntyä subjektiivinen kokemus ja siten ei myöskään kykene redusoimaan subjektiivista kokemusta objektiivisiin osiin. (Feinberg & Mallatt, 2016).

Searlen kehittämä teoria, biologinen naturalismi, saa nimensä tietoisuuden tutkimuksen sijoittamisesta biologiselle tasolle ja lähtee liikkeelle olettamuksesta, että tietoisuus on luonnollinen ilmiö siinä missä muutkin biologiset ilmiöt ovat luonnollisia (Feinberg & Mallatt, 2016). Feinberg ehdottaa tietoisuuden neurofilosofisen ongelman ratkaisuun sopivamman teorian nimeksi neurobiologinen naturalismi. Hän sanoo sen sisältävän Searlen biologisen naturalismin tapaan oletuksen siitä, että tietoisuus on luonnollinen biologinen ilmiö, ja että vaikka se onkin ominaisuuksiltaan subjektiivinen prosessi, sen selittämiseen riittävät olemassa olevat fysiikan lait. Neurobiologinen naturalismi eroaa edeltäjästään sen valitseman tarkkuuden suhteen. Feinbergin mukaan tietoisuus syntyy nimenomaan neuronien tasolla eikä biologian tasolla, johtuen siitä, että tietoisuus ei voi syntyä muualla kuin neuronien muodostamassa keskushermostossa, eli aivoissa. Tietoisuuden vaikea ongelma sekä subjektiivinen luonne tekevät siitä uniikin suhteessa muihin biologisiin ilmiöihin, vaikka se jakaakin paljon ominaisuuksia niiden kanssa (Feinberg, 2012).

2.2 Aivojen yleiset biologiset ominaisuudet

Koska tietoisuus on biologisista prosesseista syntyvä ilmiö, sen ymmärtämiseksi on tarkasteltava minkälaiset ominaisuudet yhdistävät kaikkia biologisia ilmiöitä. Elämä on

biologinen prosessi, joka syntyy elottomasta materiaalista monimutkaisina hierarkkisinä järjestelminä.

2.2.1 Eloton materiaali ja elämä

Feinbergin neurobiologisen naturalismin teoria perustuu oletukseen, että tietoisuus pohjautuu nykyisin tunnettuihin fysiikan lakeihin, jotka tavallisestikin riittävät selittämään biologian ilmiöitä. Tämä johtaa elämälle ominaisten piirteiden, eli hierarkkinen järjestys, itseorganisoituvuus ja emergenssi, syntymiseen (Feinberg, 2012). Elämän ja tietoisuuden erityislaatuista luonnetta yhdistävät samat määrittelevät ominaisuudet (Feinberg, 2012).

Sekä organismit että hermosto ovat itseorganisoivia järjestelmiä (Feinberg, 2012). Itseorganisoiva järjestelmä on pienempien osien sekä niiden vuorovaikutuksesta syntyvä yleismaailmallisempi järjestelmä. Pienemmät komponentit toimivat paikallisen vaikutuksen toimesta sen sijaan, että jokin ulkoinen järjestys ohjaisi niitä toimimaan organisoidusti. Biologiset itse organisoivat järjestelmät pystyvät luomaan tilan ja ajan suhteen toistuvia kaavoja, jotka ylläpitävät organisaation olemassaoloa (Isaeva, 2012).

2.2.2 Alemmat neurohierarkkiset tasot

Kuten mikä tahansa muukin biologinen ilmiö, ovat myös aivot ja sen luoma tietoisuus syntyneet asteittaisesti evoluution aikana. Vastaus kysymykseen, missä välissä tiedostamaton elämä muuttui tietoiseksi elämäksi, onkin pitkällä aikavälillä tapahtunut muutos (Mashour & Alkire, 2013).

Elämä on nimitys, jota käytetään sellaisista monimutkaisista järjestelmistä, jotka kykenevät ylläpitämään itseään sekä lisääntymään. Ne ovat evolutiivisen ketjun tulosta ja ne tuottavat materiaalia sekä jatkuvuutta evoluutiolle (Ruiz-Mirazo, Peretó, & Moreno, 2004). Näiden toimintojen eli sisäisen tasapainon ylläpitämiseksi elävä organismi tarvitsee energiaa. Kulutettuaan energian ympäristöstään, organismi kuolee, sillä saatavilla oleva energia ei riitä ylläpitämään sen sisäistä tasapainoa. Päinvastoin sellainen organismi, joka tunnistaa sisällään energian kulumisen loppuun ja vasteena siihen, liikkuu uuteen energiarikkaaseen paikkaan, jää henkiin. Valinta ohjasi luultavasti organismeja kehittymään niin, että sille kehittyi sisäisiin tiloihin vaste, käyttäytyminen (Mashour & Alkire, 2013).

Refleksit ovat monisoluisen organismin mekanismi kuljettaa informaatiota neuronien välityksellä reseptorisoluista tai neuroneista toisille neuroneille. Niiden nopea informaation

välitys mahdollistaa organismin reagoimisen ympäristön ärsykkeisiin ja reagoimaan niihin selviytymisen kannalta edullisimmalla tavalla. Refleksit voivat olla kahden neuronin muodostama, kuten polveen lyödessä syntyvässä jalan heilautuksessa, tai monimutkaisempi verkosto kuten silmäluomen sulkeutuminen vasteena liian kirkkaaseen valoon. Vaikka neuronien keskeinen informaation välitys, refleksi, on välttämätön hermoston toiminnalle ja tietoisuuden synnylle, ei se yksinään synnytä tietoisuutta, sillä siltä puuttuu oikeanlainen hierarkkinen järjestys (Feinberg, 2012).

2.2.3. Korkeampi neurohierarkkinen organisaatio

Korkeampi neurohierarkkinen organisaatio rakentuu neuronien muodostamien refleksien avulla ja se huipentuu monimutkaisina hierarkkisina verkostoina aivojen isomorfisissa kartoissa. Aistireseptorit ovat edustettuina niille varatuilla alueilla aivokuoressa, joita kutsutaan isomorfisiksi kartoiksi. Isomorfiset kartat ovat tietoisuuden kannalta välttämättömiä, sillä karttojen luomat neurologiset ja hierarkkiset ominaisuudet ovat osa tietoisuuden ontologiaa ja siihen liittyvää hermostollista pohjaa (Feinberg, 2012). Isomorfisia kartoja ei esiinny muualla organismeissa kuin aivoissa, vaikka ne koostuvatkin yleisistä biologisista ominaisuuksista, hierarkioista. Viestien nopea välitys on tärkeä osa neurohierarkkisen järjestelmän toimivuutta. Monilla elävillä hierarkkisilla järjestelmillä ei ole tätä piirrettä. Siksi tietoisuus syntyy nimenomaan hermostossa, eikä elimissä tai organismeissa, joilta puuttuvat nopea viestintäjärjestelmä (Feinberg, 2012).

Neurohierarkian korkean organisaation jäsentämiseksi erotetaan kaksi erityyppistä hierarkiaa, sisäkkäinen- sekä ei-sisäkkäinen hierarkia. Ei-sisäkkäisessä hierarkiassa sen tasot ovat pyramidin mallisessa järjestyksessä, jossa ylemmät tasot ohjailevat alempia tasoja ylhäältä alaspäin olematta fyysisesti osa alempia tasoja. Sisäkkäisessä hierarkiassa, siihen kuuluvat yksiköt ovat fyysisesti osa eri hierarkian tasoja. Hermostolla, joka edeltää tietoisuutta, on ominaisuuksia sekä sisäkkäisestä- että ei-sisäkkäisestä hierarkian mallista. Hermostossa ei-sisäkkäisen hierarkian voi havaita sensoripoluissa, joissa polun alkupäässä olevat neuronit vastaanottavat viestin vain yhdeltä neuronilta tai reseptorisolulta, kun taas polun loppupäässä oleville neuroneille saapuu informaatiota useista alkupään neuroneista tai reseptoreista. Loppupäähän kuuluvat neuronit ilmentävätkin kokonaisvaltaisempia piirteitä, kun taas alkupään alueiden alueet ilmentävät kokonaisuuden yksittäisiä ominaisuuksia (Feinberg 2012). Esimerkiksi alkupään neuronien ilmentävät piirteet ovat väri, muoto ja

tuoksu, kun taas loppupään neuronien ilmentämä piirre on tietoisuuteen syntynyt eheä kokemus omenasta. Samaan aikaan hermoverkostolla on myös sisäkkäisen hierarkian piirteitä. Aivot pystyvät yhdistämään ei-sisäkkäisen hierarkian tasojen neuroneja yhteen aktivoimalla niitä samaan aikaan, jolloin ne muodostavat hetkellisen yhteisen verkoston (Feinberg, 2012).

3 NOI-ominaisuudet neurobiologisessa naturalismissa

Biologisen naturalismin teoriassa esiteltyt NOI-ominaisuudet hermostotilan heijastus, mielensisäinen yhtenäisyys, kvalia ja mielensisäinen kausaatio ovat kaikki tulosta neuronien hierarkkisista järjestelmästä sekä niiden biologisista ominaisuuksista ja esiintyvät isomorfisina karttoina aivoissa. (Feinberg, 2012). Koska selkärankaisilla kaikilla ilmenee isomorfisia karttoja, selkärankaisten evoluutio on sopiva perspektiivi tarkastella, milloin ei tietoinen muuttuu tietoiseksi. Feinberg ja Mallat ovat ottaneet tarkasteluun vielä elossa olevan varhaisimpiin selkärankaisiin kuuluvat nahkiaiset (*Petromyzontiformes*) sekä selkärankaisten kehittymiseen johtaneeseen selkäjänteisten edustajan vaippaeläimet (*Tunicate*). Näiden kahden NOI-ominaisuuksien neurologisten korrelaattien keskinäisellä vertailulla saadaan vihjeitä siitä, milloin tietoisuus syntyy materiasta (Feinberg & Mallatt, 2013).

3.1 Hermostotilan heijastus

Hermostotilan heijastus on erilaistuneiden reseptoreiden ja niiden polkujen vastaanottamia erilaisia ärsykeitä aivojen ulkopuolelta, sekä ympäristöstä että kehosta suhteessa organismiin ja niiden heijastus hermostossa edustetussa isomorfisissa kartoissa. Monimutkainen hierarkia ja ylempien hierarkiatasojen riippuvuus alempiin tasoihin luovat kokonaisia kokemuksia. Koska neuroneilla ei ole reseptoreita itsessään, heijaste ei toimi oman tietoisuuden kokemiseen. Tästä seurauksena on aikaisemmin mainittu auto- ja allo-ontologinen redusoimattomuus (Feinberg, 2012).

Hermostotilan heijastus, eli ominaisuus, jossa aivoista voi löytää aistireseptoreja korreloivat alueet on havainnointi jo melko varhaisissa lajeissa (Feinberg, 2012). Silmien kehittyminen kambriaudella 550 miljoonaa vuotta sitten toi organismeille mahdollisuuden kerätä informaatiota ympäristöstä enemmän ja nopeammin kuin aikaisemmin. Vaikka muidenkin aistien avulla, kuten kemikaalisia signaaleja vastaanottavan hajuaistin, kehon pystyy sijoittamaan tilassa, on valon avulla tilan havaitseminen nopeampaa. Pelkkä silmien kehittyminen ei riitä informaation tulkitsemiseen, vaan siihen tarvitaan myös sopivat aivot.

Luultavasti silmien kehityksen myötä lajien aivot kehittyivätkin, jotta informaatio ympäristöstä ja oman kehon sijoittamisesta siihen olisi mahdollista (Trestman, 2013).

3.2. Mielensisäinen yhtenäisyys

Mielensisäinen yhtenäisyys rakentuu reflekseistä syntyvän hermostotilan heijastukseksi kutsutun ominaisuuden päälle. Yksittäisten aistihavaintojen heijastukset yhdistyvät suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Tähän yhdistyvien heijastusten hierarkiaan vaikuttavat alempien tasojen rajoitukset, joista korkeammat tasot koostuvat. Näiden ominaisuuksien ansiosta ympäri hermostoa aktivoituvat neuronit voivat olla mukana tuottamassa yhtä kokonaisuutta ja yhdistää eri aistikokemuksia kokonaisuuksiksi ja lopulta yhdeksi tietoisuuden kokemukseksi. Fyysisesti neuronit ovat ei-sisäisesti hierarkkisessa järjestyksessä, sillä ensin reseptorin aktivoituessa se johtaa yhä useamman neuronin aktivoitumiseen. Sen sijaan neuronien toiminnot ovat sisäisesti hierarkkisia. Kun neuronit tuottava tuntemuksia, niihin liittyvät heijastukset tulevat osaksi kokonaisuutta ja näin myös hierarkia on sisäistä (Feinberg, 2012).

Organismille kehittyneet silmät mahdollistavat kohteen havaitsemisen niin, että organismi voi suoraan lähestyä kohdetta, mutta vain niin kauan kuin organismi havaitsee kohteen. Jotta organismi pystyy seuraamaan saalistaan sen kadottua organismin aistietäisyydeltä, on organismin hermostossa oltava koodattuna ympäristöstä sisäinen representaatio. Sisäinen representaatio koodattuna hermostoon on havaittu esimerkiksi rottien entorhinaalisessa aivokuoressa (Fyhn, Molden, Witter, Moser, & Moser, 2004).

Keskushermostoissa, kuten aivoissa, eri aistien isomorfiset kartat ovat keskenään yhteydessä, jotta kokonainen tietoisuuden kokemus, mielensisäinen yhtenäisyys, pystyy syntymään. Selkärankaisten hermoston suurin osa neuroneista sijaitsee aivoissa ja lähes kaikilla selkärankaisilla on isomorfinen kartta aisteille (Feinberg & Mallatt, 2013).

3.3 Kvalia

Myös kvalia rakentuu edellisten NOI-ominaisuuksien päälle. Ensin tarvitaan heijastus ominaisuus ja siitä muodostuva mielensisäinen yhtenäisyys, jonka jälkeen voi syntyä eheitä kokemuksia ympäristöstä. Kvalia syntyy emergenttisesti hermoston omalaatuisesta hierarkkisesta järjestyksestä. Kvalian voidaan olettaa ilmentyvän kaikilla organismeilla, joilla on aikaisemmin mainitsemani hermoston yleiset biologiset ominaisuudet. Sitä ei voida hajottaa pienempiin osiin koska aivot eivät ole kehittyneet vastaanottamaan tuntemuksia

omista neuroneissa, vain ainoastaan ulkomaailmasta ja muusta kehosta. Näin subjektiivisia kokemuksia tulee vain kehosta ja ulkomaailmasta, eikä kokemuksista itsestään, eli neuroneista (Feinberg, 2012).

Feinberg lisää myös, että kvalia ei ole passiivinen tapahtuma, joka vain tapahtuu kokijalle. Se on aktiivinen prosessi, sillä neuronit aktiivisesti tuottavat näitä kokemuksia havaittajalleen. Kvaliat eroavat toisistaan niiden muodostumiseen käytettyjen neurologisten ominaisuuksien, kuten hierarkian ja itseorganisoinnin vuoksi (Feinberg, 2012).

Feinberg ja Mallat ehdottavat, että kvaliat syntyvät aivojen hierarkian loppupäässä olevissa, isomorfisissa kartoissa. Isomorfinen kartta on aistimusten neuraalinen representaatio aivoissa. Esimerkiksi ihmisen näköhavainto saa alkunsa silmien reseptori soluissa. Reseptorisolujen viesti kulkee seuraaviin soluihin silmän retinan gangliosoluissa. Gangliosolut lähettävät viestin aivojen talamuksen, joka on toiminnallisesti sama kuin kalojen ja sammakoiden aivojen optinen lohko. Talamuksen soluista viesti kulkee aivokuoren näköaivokuorelle V1, jossa kvalia syntyy. Esimerkki havainnollistaa myös hierarkkisen järjestyksen mikä tapahtuu aistihavainnon syntyemisessä. Silmien reseptorisoluista aivojen näköalueelle on neuronisoluja neljässä tasossa, jonka lisäksi neuronin solut viestittävät tasojensa sisällä (Feinberg & Mallatt, 2013).

Selkärankaisten sikiönkehitystä seurattaessa huomataan, että selkärangan muodostumisen yhteydessä kehittyvät neurogeeniset plakoodit ja hermostopiena johtavat yksilön aistien hermoston sekä niiden isomorfisen sensori karttojen kehittymiseen. Erityisesti hermostopienan kehittyminen ja sen kulkeutuminen selkärangan alueelta sikiön pään ja kuonoalueelle on tyypillistä selkärankaisilla. Vaippaeläimen hermostopiena ei vaikuttaisi kulkeutuvan pääalueelle ja viittaisi vaippaeläimen hermoston kehittymättömyyteen muodostaen monimutkaisempia tietoisuuden ilmiöitä. Vaikka vaippaeläimen silmä havaitseekin valoa, sen rakenne ei ole riittävä muodostamaan kuvaa. Sen sijaan nahkiaisen silmät ovat kehittyneet tarkoiksi kameramaisiksi aistinelimeksi, joiden avulla nahkiainen pystyy luomaan ympäristöstä tarkkoja havaintoja. Tämän lisäksi sen neurogeeniset plakoodit ja hermostopiena kehittyvät selkärankaiselle tyypilliseen tapaan muodostaen niille ominaisen hermoston isomorfiset kartat (Feinberg & Mallatt, 2013).

3.4 Mielensisäinen kausaatio

Hermostossa on neurobiologisen rakenteen ja toiminnan ominaisuus, järjestelmän sulkeutuneisuus. Järjestelmä on suljettu ja voi vaikuttaa vain sen sisällä oleviin yksiköihin. Kuten hermoston neuronien tapauksessa, hermosto järjestelmän yksiköt, eli neuronit, vaikuttavat toistensa toimintaan. Koska, tietoisuus on neuronien toiminnan emergentti ominaisuus, tietoisuus ei itse ole neuronien toimintaan vaikuttava tekijä, vaan neuronit itse. Ihmisyksilö ruokailemassa ruokapöydässä esimerkissä, ihmisen liikettä ei ohjaile ”ajatuksen voima” vaan neuronien yhteistoiminta. (Feinberg, 2012).

4 Yhteenveto

Tietoisuus ei ole ollut koskaan selkeä rajainen ilmiö tiedeyhteisössä ja vasta viime vuosikymmenien aikana tietoisuuden tutkimukseen on otettu käyttöön luonnontieteellisiä lähestymistapoja. Feinbergin ja Mallatin neurobiologinen naturalismi on yksi nykyisiin fysiikan lakeihin perustuva teoria, joka hyväksyy tietoisuuden olevan luonteeltaan subjektiivinen ja redusoimaton sekä selitettävissä pienempien osien yhteisvaikutuksen kautta. Tietoisuus on mahdollisesti kehittynyt organismin tarpeesta tuottaa optimaalista käyttäytymistä ympäristön vasteille lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Yksinkertaisimmassa muodossa tietoisuutta kutsutaan sensoriseksi tietoisuudeksi, joka syntyy samojen perusilmiöiden pohjalta kuin elämäkin. Elämä ja tietoisuus ovat molemmat monimutkaisen hierarkkisen järjestelmän emergentti ominaisuus.

Neuroneista koostuvista hierarkkisista aivoista syntyy tietoisuus, jolla on neljä NOI-ominaisuutta. Ensimmäinen tietoisuuden NOI-ominaisuus, hermostotilan heijastus saa alkunsa aivojen reflekseistä ja sen tarkoitus on projisoida ympäristöstä informaatiota tietoisuuden kokemukseen. Toinen ominaisuus, mielensisäinen yhtenäisyys, koostaa heijastukseksi yhdeksi kokonaiselta tuntuvaksi tietoisuuden kokemukseksi. Tämä on mahdollista organismin aivoissa, jossa refleksit ovat kaikki yhteydessä toisissaan. Kolmas ominaisuus, kvalia, antaa heijasteille tietoisuuteen ulkoista informaatiota vastaavat tuntemukset, joka voidaan havaita aivojen isomorfisissa kartoissa. Ja neljäs ominaisuus, mielensisäinen kausaatio, on subjektiiviselta olemukseltaan tietoisesta organismin kyky olla vuorovaikutuksessa objektiivisen maailman kanssa. Se muodostuu neuronien monimutkaisesta hierarkkisesta vuorovaikutuksesta, jonka emergentti ominaisuus on tietoisuus. Koska NOI-ominaisuudet ovat luonteeltaan subjektiivisia ja niihin vaikuttaa allo-

ontologinen sekä auto-ontologinen redusoimattomuus, syntyy niistä tietoisuuden kova ongelma.

Neurobiologisessa naturalismissa sensorinen tietoisuus syntyy aivojen omalaatuisen hierarkian ansiosta sen isomorfisissa kartoissa. Isomorfisia karttoja havaitaan kaikilla selkärangaisilla, josta voidaan päätellä niillä olevan vähintään sensorinen tietoisuus. Nahkaiset ovat selkärangaisten vanhin elossa oleva heimo, jonka vertailu selkärangaisten kehittymistä edeltäviin alalajeihin vaippaeläimiin, paljastaa sensorisen tietoisuuden syntymisen. Vaippaeläinten sikiönkehityksessä ei muodostu selkärangaisilla aivojen isomorfisten karttojen kehittymiseen johtavia neurogeenisia plakoodeja ja hermostopienaa. Feinberg ja Mallat pitää silmien kehitystä merkittävänä askeleena sensorisen tietoisuuden muodostumiseen ja vaippaeläimeltä puuttuu selkärangaisten kameramaiset silmät.

Neurobiologisen naturalismin mukaan ainakin kaikilla selkärangaisilla on yksinkertaisin mahdollinen tietoisuus, koska niiden esi-isällä nahkaisella on sensoriseen tietoisuuden syntymiseen tarvittavia isomorfisia karttoja. Tämä antaa lisää informaatiota tietoisuudesta käytävään keskusteluun sekä työkalun, jonka avulla voimme laajentaa tietoisuuden syntymisen tutkimista. Ainakin selkärangaisilla on tietoisuuden kokemuksia ja se vaikuttaa siihen, kuinka niitä tulisi kohdella. Selkärangattomilta lajeilta voidaan alkaa etsiä isomorfisia karttoja vastaavia rakenteita, jotta voidaan selvittää, onko tietoisuus voinut kehittyä toisenkin kerran eläinten evoluutiossa.

5 Lähteet

- Barron, A. B., & Klein, C. (2016). *What insects can tell us about the origins of consciousness*. National Academy of Sciences. doi:10.1073/pnas.1520084113
- Faye, J. (2019). *Cognitive neuroscience and the hard problems* Springer. doi:10.1007/s10516-019-09440-3
- Feinberg, T. E. (2000). The nested hierarchy of consciousness: A neurobiological solution to the problem of mental unity. *Neurocase*, 6(2), 75-81. doi:10.1093/neucas/6.2.75
- Feinberg, T. E. (2012). Neuroontology, neurobiological naturalism, and consciousness: A challenge to scientific reduction and a solution. *Physics of Life Reviews*, 9(1), 13-34. doi:10.1016/j.plrev.2011.10.019
- Feinberg, T. E., & Mallatt, J. (2013). *The evolutionary and genetic origins of consciousness in the cambrian period over 500 million years ago* doi:10.3389/fpsyg.2013.00667
- Fyhn, M., Molden, S., Witter, M. P., Moser, E. I., & Moser, M. (2004). Spatial representation in the entorhinal cortex. *Science*, 305(5688), 1258-1264. doi:10.1126/science.1099901
- Isaeva, V. V. (2012). *Self-organization in biological systems* doi:10.1134/S1062359012020069
- John Smythies. (2010). Brain and consciousness: The ghost in the machines. *Journal of Scientific Exploration*, 23(1) Retrieved from <https://doaj.org/article/1956224cf7174abba6daa385c3b62c7e>

Långsjö, J. W., Alkire, M. T., Kaskinoro, K., Hayama, H., Maksimow, A., Kaisti, K. K., . . .

Scheinin, H. (2012). Returning from oblivion: Imaging the neural core of consciousness.

The Journal of Neuroscience, 32(14), 4935-4943. doi:10.1523/JNEUROSCI.4962-11.2012

Mashour, G. A., & Alkire, M. T. (2013). Evolution of consciousness: Phylogeny, ontogeny, and emergence from general anesthesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 110(25), 10357. doi:10.1073/pans.1301188110

Morin, A. (2006). Levels of consciousness and self-awareness: A comparison and integration of various neurocognitive views. *Consciousness and Cognition*, 15(2), 358-371.
doi:10.1016/j.concog.2005.09.006

Nagel, T. (1974). *What is it like to be a bat?* *Philosophical Review*

Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J., & Moreno, A. (2004). *A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution* doi:10.1023/B:ORIG.0000016440.53346.dc

Searle, J. R. (2000). *Consciousness* doi:10.1146/annurev.neuro.23.1.557 Retrieved from
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0034036234&doi=10.1146%2fannurev.neuro.23.1.557&partnerID=40&md5=41636efe068170143dfd0f31dc527269>

Searle, J. R. (1992). *The rediscovery of the mind*. Cambridge, Mass.: The MIT Press. Retrieved from <https://oula.finna.fi/Record/oula.386852>

Todd E. Feinberg, & Jon M. Mallatt. (2016). Neurobiological naturalism. *The ancient origins of consciousness* (pp. 195) The MIT Press. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1bkm52m.15>

Trestman, M. (2013). The cambrian explosion and the origins of embodied cognition. *Biological Theory*, 8(1), 80-92. doi:10.1007/s13752-013-0102-6